

дом. Для Северского трубного завода и ПНТЗ институтом «СвердНИИХиммаш» была разработана и опробована двухкамерная печь с псевдоожиженным слоем.

Для обработки ОМО возможно использование аппаратов немецкой компании «Хумбольд – Ведаг». По первому варианту обработку ОМО ведут в трехфазных центрифугах, делящих его на твердую фазу, фугат и маслопродукты. При втором варианте применяют технологию «Центридрай». По этой технологии в одном аппарате осуществляется обезвоживание ОМО путем центрифугирования и его последующее термическое обезмасливание. Полученную таким образом окалину в виде порошка или после окомкования целесообразно отправлять на агломерационные фабрики для добавки в шихту. На наш взгляд обработка ОМО по технологии «Центридрай» наиболее предпочтительна. Для снижения ее стоимости осадок можно подвергнуть предварительной обработке (сгущению).

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УТИЛИЗАЦИИ ЖИРОВ

проф. Ю.И.СУХАРЕВ, Р.Р.АБДРАШИТОВ, к. т. н. В.Р.ГОФМАН, Е.В.НИКОЛАЕНКО

Южно-Уральский государственный университет

Процесс утилизации жиров как объект исследования следует отнести к классу сложных систем, где влияние случайных возмущающих параметров велико, а эксперимент проводится, как правило, при неполном знании механизма сопутствующих явлений. В рассматриваемых условиях задачи оптимизации и идентификации могут быть успешно решены методами математического планирования эксперимента с использованием аппарата теории вероятностей. Детерминистический подход к изучению стохастических объектов, особенно при решении экстремальных задач, малоэффективен.

Цель настоящего исследования – найти оптимальные условия процесса утилизации жиров электрофлотацией применительно к сточным водам мыловаренного производства.

При исследовании количественных факторов, характеризующих протекание процесса, поиск координат точек, обеспечивающих оптимизацию тех или иных свойств объекта, осуществляется посредством исследования локальной области факторного пространства. С этой целью обычно применяют факторные (экстремальные) эксперименты с планами второго порядка, результаты которых дают возможность получить математическую модель объекта исследования, связывающую параметр оптимизации и воздействующие факторы полиномиальной зависимостью, например, вида:

$$\tilde{y} = A_0 + \sum_{i=1}^k A_i x_i + \sum_{i < j} \sum_{i=1}^k A_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k A_{ii} x_i^2$$

где A_0, A_i, A_{ij}, A_{ii} – коэффициенты уравнения регрессии, k – количество варьируемых факторов.

Для отыскания функции отклика используются центральные композиционные ротатбельные (РЦКП) и ортогональные (ОЦКП) планы. Однако их реализация требует относительно большого количества опытов, иногда значительно превышающего число отыскиваемых констант. Авторами применен более экономичный метод построения композиционного плана (КПХ), предложенный Х. Хартли, который основан на использовании в качестве ядра плана наименьшей возможной регулярной реплики от полного факторного эксперимента (ПФЭ) типа 2^k . Использование такого плана особенно эффективно для $k = 4$, где экономия опытов наиболее значительна, а точность определения линейных коэффициентов в смешанных группах достаточно высока.

Постановке серии опытов предшествовал этап неформализованных решений по выбору локальной области факторного пространства, которая определяется основным уровнем (многомерной точкой, задаваемой комбинацией уровней факторов) и интервалом варьирования.

Выбор близкой к стационарной локальной области факторного пространства и определение ее границ осуществляли на основании априорной информации, полученной в результате проведения серии пассивных экспериментов. Основным уровнем располагали в цен-

тре выбранной области. Интервалы варьирования находили как разность между основным и нижним (верхним) уровнями. Для упрощения записи условий проведения опыта и обработки экспериментальных данных масштабы по осям задавали так, чтобы основной уровень соответствовал нулю, нижний -1, верхний +1, плечи звездных точек соответственно $-\alpha$ и $+\alpha$ (табл.3). Значение звездного плеча α , обуславливающее ортогонализацию плана, принимали равным 1,20645.

Для получения оперативной и объективной информации об оптимальных условиях процесса утилизации жиров в качестве параметра оптимизации была выбрана эффективность извлечения жиров из подмыльного щелока, в качестве варьируемых факторов - продолжительность электрофлотационной обработки, анодная плотность тока, pH и температура щелока. Остальные факторы, характеризующие условия проведения эксперимента, поддерживали на постоянном уровне. Пробы исходного подмыльного щелока брали непосредственно из жиroleвки в мыловаренном цехе и усредняли.

Опыты проводили в трех повторностях. Для уменьшения влияния систематических ошибок повсеместно использовали эффект рандомизации опытов с помощью стандартных таблиц случайных чисел. Результаты эксперимента обрабатывали по специально составленной программе регрессионного анализа. Исходными данными для ввода являлись число повторностей m , количество центральных точек c_1 и массив текущих значений параметра оптимизации y_{ji} .

Расчет основных линейных эффектов, линейных эффектов парных взаимодействий, эффектов при квадратичных членах и свободного члена, учитывающего прочие взаимодействия, а также оценку дисперсий отдельных опытов, дисперсий коэффициентов уравнения регрессии, генеральной дисперсии опытов и дисперсии неадекватности производили стандартными методами в соответствии с алгоритмом композиционного плана Хартли.

Проверку воспроизводимости опытов осуществляли с помощью критерия Кохрена по Л.З.Румшискому:

$$G_{кр} = G_{i-1} + (G_{i+1} - G_{i-1}) \frac{i - (i-1)}{(i+1) - (i-1)} \times \frac{i+1}{i}$$

Значимость коэффициентов уравнения регрессии определяли по $t_{кр}$ - критерию Стьюдента, для чего использовали формулу В. Дорбанда:

$$t_{кр}^{0,05} = 1,96 + \frac{2,4}{f_1} + \frac{3,0}{f_2^2}$$

где f_1, f_2 - число степеней свободы.

Гипотезу адекватности результатов испытаний найденному уравнению регрессии проверяли по критерию Фишера и рассчитывали по формуле, полученной В.Ю. Миндиным аппроксимацией стандартных F -таблиц:

$$F_{кр}^{0,05} = 0,915\psi^3 - 1,996\psi^2 + 1,815\psi + 1,190 + \left[\begin{aligned} &(20,424\psi^4 - 43,456\psi^3 + 32,436\psi^2 - 11,284\psi + \\ &4,202)\phi + (-65,339\psi^4 + 136,242\psi^3 - 96,913\psi^2 \\ &+ 28,183\psi + 1,243)\phi^2 + (84,736\psi^4 - 176,395\psi^3 + \\ &125,554\psi^2 - 37,773\psi + 4,108)\phi^3 + (-37,464\psi^4 + \\ &78,193\psi^3 - 55,678\psi^2 + 14,469\psi + 5,238)\phi^4 \end{aligned} \right]^2$$

В результате экстремального эксперимента было получено уравнение регрессии:

$$y = 88,256 - 2,206x_3 - 2,561x_4 + 9,410x_1x_2 - 2,156x_1x_4 + \\ + 2,375x_2x_4 - 1,394x_1^2 - 1,680x_2^2 - 4,329x_3^2 - 4,535x_4^2$$

Выполненный в процессе машинного счета анализ математической модели показал, что при уровне значимости 0,05 уравнение адекватно представляет результаты эксперимента.

Процесс отыскания оптимума в значительной степени определяется тем, насколько удален центр поверхности отклика от выбранного центра плана эксперимента. Если особая точка поверхности расположена достаточно близко от центра плана и исследуемая поверх-

ность унимодальная, эту точку можно найти, исходя из необходимого условия существования экстремума. Взяв частные производные от полученного уравнения регрессии по каждому фактору $\frac{\partial \tilde{y}_j}{\partial x_i}$, приравняв их к нулю, решив образуемую систему дифференциальных уравнений:

$$\frac{\partial \tilde{y}_1}{\partial x_1} = 0; \frac{\partial \tilde{y}_1}{\partial x_2} = 0; \frac{\partial \tilde{y}_1}{\partial x_3} = 0; \frac{\partial \tilde{y}_1}{\partial x_4} = 0;$$

и выполнив соответствующие проверки, были найдены координаты оптимальных точек, обеспечивающие максимальную эффективность процесса утилизации жиров:

$$x_1 = 0.660; x_2 = -1.404; x_3 = -0.402; x_4 = 0.087$$

Значения координат оптимальных точек оказались расположенными внутри интервала $0 \leq |x_i| \leq 1$ ($0 \leq |x_2| \leq \alpha$), следовательно, при принятом уровне значимости полученные данные достоверны. Выбранный центр эксперимента находится достаточно близко от особой точки локальной области факторного пространства, что указывает на справедливость предположений к определению границ локальной области и центра эксперимента.

В результате получено, что оптимальными условиями утилизации жиров из подмыльного щелока является обработка щелока в электрофлотаторе в течение 15 минут при температуре 286 К, величине pH, равной 2,3 и плотности тока 345 A/m^2 .

Контрольная серия экспериментов подтвердила справедливость теоретических предположений и показала, что оптимальное соотношение параметров обеспечивает более эффективное извлечения жиров, чем исходное.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОСВЕТНОСТИ УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКНИСТЫХ СОРБЕНТОВ

доц. М.П.КОВАЛЕВ, асп. А.Б.КОТЮКОВ, асп А.В.ЗУБОВ

Пермский государственный технический университет

Углеродные волокнистые сорбенты (УВС) являются новым и весьма перспективным видом угольных сорбентов, используемых для глубокой очистки воды и воздуха от растворенных органических соединений. УВС представляют собой нетканые материалы, которые сочетают в себе особенности графитового слоя, двумерную упорядоченность слоев (турбо-стратная структура) и волокнистое строение. Данные материалы имеют вид полотна шириной 30-60 см. и толщиной 2-4 мм., с диаметром углеродных волокон 15-30 мкм.[1]. Отечествен-

ной промышленностью выпускаются два вида УВС – карбонизованные и активированные нетканые материалы, которые отличаются условиями производства и имеют, соответственно, марки КНМ и АНМ. По сравнению с активированными углями, УВС обладают значительно большей скоростью и полнотой извлечения растворенных веществ, что объясняется их особой микроструктурой. Между тем, практическое использование УВС сдерживается малой изученностью их физико-химических и, в частности, гидравлических свойств.

Целью данной работы является исследование одной из основных гидравлических характеристик – просветности у материалов КНМ и АНМ при различной плотности их упаковки. Понятие просветности УВС соот-

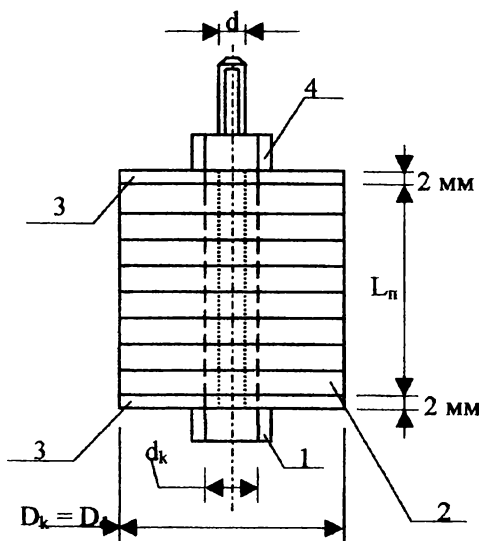


Рис.1. Патрон с каркасом.